氣候變遷對農作物生產之影響
第5章　全球氣候變遷對台灣地區蟲害發生影響
及因應對策 73-85, 1998

第五章　全球氣候變遷對台灣地區蟲害發生影響及因應對策

鄭 清 煥
台灣省農業試驗所嘉義分所植保系

摘要……74
壹、前言……74
貳、溫度與雨量之變遷可能對作物害蟲之發育與族群之影響……75
參、溫度與雨量之變遷可能對農作物害蟲為害之影響……77
肆、因應措施……78
伍、結語……80
陸、誌謝……81
柒、參考文獻……81
英文摘要……85

第五章 全球氣候變遷對台灣地區蟲害發生影響及因應對策

鄭 清 煥
台灣省農業試驗所嘉義分所植保系

摘 要

影響害蟲族群與為害之環境因子可分為非生物因子與生物因子兩大項，兩者間之相互作用相當複雜，其中任何一因素的改變將可直接或間接地影響到一種害蟲在區域間的族群密度。全球氣候變遷導致地球表面溫暖化可直接影響害蟲之分佈、存活與族群之成長速率，同樣亦可導致作物之發育及其耕種及管理制度之演變，而影響害蟲族群之發生豐度及其為害。在全球氣候變遷下，可使台灣氣候型態更接近熱帶地區，害蟲及其天敵種類之歧異度將更形增加。冬季增加溫度減少降雨量將更有利於害蟲之越冬，增加冬作及春作害蟲之族群密度及為害損失；夏季溫度及降雨量之增高則更不利於害蟲之繁殖，可抑制其為害。由於害蟲之發生豐度受寄主作物之品種、栽培制度及管理方式等之演變影響至大，該等演變導致蟲害之損失，可能較全球氣候變遷之直接影響為大。一般而言，溫度增加，將可增加昆蟲種類的歧異度及發生世代的重疊，較難使用藥劑適時防治，宜發展以增加害蟲環境阻力，如栽植抗蟲品種、增強田間管理，生物與物理防治等非農藥防治方法為主體之綜合管理策略，抑制害蟲族群於經濟危害基準之下，則藥劑使用頻度將可大幅減少，使作物環境更有利於自然潛在天敵族群的增長而發揮其抑制各種害蟲功效。此一防蟲策略將可有效地因應地球表面暖化及社會之需求。

關鍵詞：全球氣候變遷，對作物蟲害之衝擊，害蟲管理策略。

壹、前 言

過去十餘年來，有關溫室效應氣體之增加可能對全球氣候之影響有很大的爭辯，但從科學証據顯示，由於農、工業的快速發展以及人為活動頻繁所產生之溫室效應氣體，如二氧化碳 (CO_2)、氧化亞氮 (N_2O)、甲烷 (CH_4)、氟氯碳化物 (CFCs)………等之大量增加，確可導致地球表面溫度之增加。如情況不設法改善，按GCMs (General Circulation Models) 估算在下世紀結束前，若二氧化碳在大氣中之濃度較目前倍增下，將可導致地球表面平均溫度增加1.5至4.5℃，最可能在2.5℃左右；全球平均降雨量可能增加3-15%，增溫越大，降雨量增加越多。而紫外線 (尤其是紫外線B (315-280nm)) 因臭氧層之被破壞，其輻射強度將增強(IPCC, 1990)。地球表面暖化現象

在高緯度地區將比低緯度地區明顯，冬季較夏季明顯，對季節變化影響幅度可能不大。而其所引起地區性溫度的變化可能加劇 (Schneider, 1993)，且地表溫度變化對氣候之變動，如降雨頻度、降雨量與溫度之劇烈變動，相信會有很大影響。按 Bachelet *et al.* (1995)預測，在台灣地區年平均溫度可能增加之範圍為2.6-3.5℃，而雨量則可能變動不大。但按環保署(1994)利用GCM_5模式預估2050年時台灣地區冬季氣溫約有3.5-4℃，夏季3-3.5℃的上升趨勢；而降雨量在冬季約可減少5-10%，夏季增加5-10%。梁等(1997)使用Simmeteo的蒸發散量動力模式模擬二氧化碳倍增時，預估台灣溫度約可上升1.9-4.9 ℃。而柳等(1984)則預估溫度將上升 3-4 ℃，而冬雨與梅雨將減少。總之，在溫室效應氣體不斷增加的情況下，對臺灣地區未來氣候之變遷的預估雖略有出入，但顯然地均表示全年溫度與夏季雨量將可逐漸增加，而冬季雨量逐漸減少之趨勢。

昆蟲是變溫動物的一種，亦即其體溫隨著外界溫度之高低而產生不同的反應，而表現在昆蟲的新陳代謝強度，生長速率等方面，進而影響其體型大小，發生數量、行為變異、全年活動期以及地理上的分佈區域等。當氣候發生變遷時，各種昆蟲之分佈、發育及繁殖等亦將隨之產生變動；而其寄主植物因受氣候之變遷所產生之栽培制度或管理方式的改變，更將衝擊作物生態系而影響害蟲族群的季節性動態及其豐度。由於氣候變遷對生態系所引起之反應相當複雜，因此很難準確地據一、兩個氣象因子預估地表面暖化後對害蟲可能發生之影響；另一方面，由於昆蟲種類繁多，各種昆蟲對各種環境之適應性寬狹不一，地球表面暖化及其所引起之氣候變遷，可能對某些害蟲有負面作用，但對某些害蟲則無影響或反具正面作用，而促使主要害蟲種類之更替；再者害蟲亦可經由生理及行為的演化而適應於變遷後的氣候環境。因此對於全球氣候變遷可能對臺灣地區蟲害發生之影響，目前尚難予定論。本文謹就地球表面暖化可能促使臺灣地區溫度上升及降雨型態之演變，對作物害蟲可能產生之影響及因應對策提出概略之推測。

貳、溫度與雨量之變遷可能對作物害蟲之發育與族群之影響

昆蟲之發育、繁殖與溫度之高低具密切關係，每一種昆蟲之發育臨界低溫、發育臨界高溫及發育適溫範圍不盡相同。如為害水稻之褐飛蝨(*Nilaparvata lugens*)之發育臨界低溫在12℃左右，發育臨界高溫約為33℃，而發育最適之溫度範圍在20-30℃ (陳, 1978; Suenaga, 1963)；番茄斑潛蠅(*Liriomyza bryoniae*)，螺旋粉蝨(*Aleurodicus dispersus*)及銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii*)之發育臨界低溫分別為7-8,8及13-15℃，發育適溫分別為20-28，22-25及20-28℃，而發育臨界高溫分別約為32,30及30℃(鄭, 1994；溫等, 1994；林等, 1997)。而屬於溫帶產之桃蚜(*Myzus persicae*)之發育臨界低溫在1.4至3.2℃間，發育最適溫在22-27℃，發育臨界高溫約在30℃ (郭1991)。由上述例子可見一般農作物害蟲之發育適溫大都介於20至30℃，在適溫範圍內其發育速率隨溫度之增高而上升。溫度超過30℃以上不利於其發育、繁殖，溫度超過33-35℃則絕大部份無法生存。此項結論一般都在恆溫中飼育所獲。

害蟲在田間事實上都處於變溫中生存，短暫的高溫對其影響不若恒溫箱中飼育之明顯。但如溫度超過發育臨界高溫對其發育與存活仍有很大影響，如於溫室內(溫度19-38℃，平均28.9℃，濕度30-100%RH，平均79.5%RH)及室外(溫度19-33℃，平均27.3，濕度36-100%RH，平均77.0%RH)飼育褐飛蝨，則於溫室內之卵及若蟲之存活率分別為83.3及30%，而室外分別為93.9及74%；雌、雄成蟲壽命在溫室內，分別為10及5天，在室外分別為12.8及17.8天(Bae and

Pathak, 1970)，可見短時間之高溫對害蟲之生存及繁殖亦有很大影響。同樣現象亦發現於設施內之番茄斑潛蠅及銀葉粉蝨，冬作時溫度較接近發育適溫範圍，發生為嚴重，而春作或夏作則因高溫，發生為害較為輕微（鄭, 1994；林等, 1997）。

臺灣農作物栽培區（平原地帶）在元月及2月之平均氣溫由14至18℃，(最低溫12-14℃)，而七、八月平均氣溫約26-28℃(最高平均氣溫約32℃)(郭1978)。若按預測在下一世紀結束前地球表面溫度增加以2.5℃計算，元月及2月之平均溫度將增至 16.5至20.5℃ (最低平均氣溫增至14.5至16.5℃)，較目前溫度適於害蟲越冬；夏季七、八月平均氣溫將增至28.5至30.5℃（最高平均氣溫增至34.5℃)，則較目前更不利於害蟲之增殖。由於冬季氣溫更適於害蟲越冬，春作蟲害之發生可能較目前嚴重，而夏季由於溫度太高，夏作大部分害蟲之發生可能受到抑制。然而害蟲對高溫之影響亦可能藉生理或習性上適應而降低其傷害(Hoffman and Blows, 1993)。已有實驗証明昆蟲對高溫容忍之遺傳變異頗大(Huey *et al.,* 1991; White *et al.,* 1970; Quintana and Prevosti, 1990)。實際上，在自然情況下，各地區發生之害蟲之族群對高溫之容忍性亦不盡相同，如在泰國Khon Kaen採到之褐飛蝨的一齡蟲對40°C高溫之致死中率(LT_{50})為57.2小時,三齡蟲為144.6小時，均較菲律賓國際稻米研究所採得者之23.4及22.8小時為高(Domingo and Heong, 1992)。同樣現象亦發現於兩地捕食褐飛蝨之盲椿象(*Cyrtorhinus lividipennis*)，對於40℃之容忍程度：採自Khon Kaen者約30倍高於國際稻米研究所採到者(Peters, 1991)。此種現象顯示昆蟲對於高溫自然汰選，可逐漸演化而適於高溫環境，但是否所有害蟲種類均有類似現象，則尚不清楚。

昆蟲對高溫之影響亦可藉改變棲所或活動時間以避開不適環境，進入休眠 (夏眠)或遷移亦為其適應不良環境策略之一。高溫而引起休眠現象之研究尚少，但藉遷移而避開不良環境已有許多例証，如褐飛蝨、白背飛蝨(*Sogatella furcifera*)及瘤野螟(*Cnaphalocrocis medinalis*)均為熱帶地區害蟲，於春末夏初，可隨濕暖之西南氣流往亞熱帶及溫帶地區遷移，待溫帶地區氣溫轉涼，水稻成熟時又逐次往南回遷(Kisimoto, 1976；Zhang, 1991)。類似此類害蟲，地球表面暖化將不致影響其族群。然而位於亞熱帶與熱帶邊緣地區的臺灣，在地球表面暖化，臺灣將逐漸由原來該等害蟲之不穩定越冬區，變為終年繁殖區；該等害蟲之為害將由目前只在二期作嚴重為害的情況，而變更為如紅河三角洲（冬季平均溫度16.5-19℃）之水稻 (Xuyen, 1997; Sogawa and Nhat, 1997)，於一、二期作均可能遭受嚴重為害。

地球表面暖化，將可增加害蟲之生長速率以及一年中之繁殖世代數，若以如預測平均增加2.5℃計算，則一年可增加害蟲有效積溫達912.5日度，假若不受食物限制，則可使為害水稻之二化螟(*Chilo suppressalis*)(發育臨界低溫為11-12℃，有效積溫為605-810日度)(鄭, 1995; Kiritani and Iwao, 1964)，三化螟(*Scirpophaga incertulas*)(發育臨界低溫12-16℃，有效積溫618-700日度)(Kiritani and Iwao, 1964) 每年至少可增加一個世代，但可使斑飛蝨(*Laodelphax striatellus*)(發育臨界低溫10.4℃，有效積溫 374.2 日度)及黑尾葉蟬(*Nephotettix cincticeps*)(發育低溫臨界13.6℃，有效積溫297.4日度) (Kisimoto and Dyck, 1976) 等增加2-3個世代。然而增加繁殖世代並不一定表示可增加其發生之族群密度及其危害程度。

地球溫暖化，將促使臺灣地區之溫度提高，夏季溫度過高可能使若干原來在地理分佈上以臺灣為南界之溫帶地區害蟲，如斑飛蝨，負泥蟲(*Oulema oryzae*)等可能自臺灣消失或變為次要害蟲，但以台灣為北界之害蟲，如臺灣黑尾葉蟬(*Nephotettix virescens*)、台灣夜盜(*Spodoptera maurita*)

等發生量則可能增加。而其他目前發生於臺灣臨近的熱帶地區之害蟲，則有可能入侵臺灣。總之，在臺灣地區，若冬季增溫則有利於本土性害蟲之越冬蟲量及不耐低溫之熱帶地區害蟲之入侵立足，對春作可能形成較嚴重之危害；而夏季增溫，將迫使不耐高溫害蟲（溫帶地區害蟲）之發生族群受限或往高海拔地區分佈，而在平原地區發生為害程度更形下降，但對於耐高溫之熱帶地區害蟲之發生與為害影響可能並不顯著；至於秋冬作作物，暖化將更有利於害蟲之繁殖與為害。

降雨量對害蟲族群之影響與溫度之對於害蟲之作用一樣是多方面的而且相當複雜，且降雨持續期間，降雨頻度、強度及降雨量對害蟲族群亦有截然不同的作用機制。大部分作物害蟲生育最適當濕度範圍介於相對濕度70至95%，適當的降雨可提高濕度，有利於害蟲的正常發育及繁殖；綿綿細雨，有利昆蟲寄生菌的繁殖，易引起某些害蟲流行病的發生；傾盆驟雨則對大部害蟲具傷害作用，尤其是對小型害蟲如蚜蟲、粉蝨、薊馬及葉蟎等具沖涮作用，於暴雨後，其族群密度常呈顯著下降（張, 1997；郭,1997；何,1997）。而降水量則可直接影響土壤之含水量及濕度，含水量過於飽和對部分發育期需在土表度過的害蟲，如甘藷蟻象(*Cylas formicarius*)及若干夜蛾科昆蟲的族群增長將具抑制作用(Sugimoto, 1990; 陳及張, 1989, 1990)。因此以目前預測未來在臺灣地區降雨量於夏季可能增加而冬季減少之趨勢來推測對害蟲之發生影響，可能會因降雨的型式不同，很難據以推測對那一類害蟲有利或有害，如若預測氣候變遷將導致夏季不正常的高溫驟雨之增加將對大部農業害蟲產生不利作用，而冬季增溫乾燥，則將更有利於小型害蟲的發生。

害蟲族群之發生豐度除受本身之繁潛能及天然因素，如溫度、濕度、雨量之影響外，生物因子，如寄主植物的適合性，栽培與管理方式及種植面積，天敵之豐度以及害蟲種間之競爭等亦為重要的支配因素。地球表面暖化，除溫度、雨量之變動直接影響害蟲之繁衍外，因其變動而連帶地亦可能影響生物因子及因子間相互作用的變動，而影響害蟲族群之動態及其豐度。目前對於氣候變遷可能影響害蟲發生之諸多因子尚不明確，僅憑可能變動之溫度與雨量因素來推測其對作物害蟲之影響，可能太過於粗糙甚或謬誤，較可靠之推測需經長期觀察搜集數據証明，才可獲得較明確的答案。

參、溫度與雨量之變遷可能對農作物害蟲為害之影響

作物對害蟲為害的反應相當複雜，害蟲的種類、為害方式，時期，和作物的種類、品種、管理情形，發育狀況以及氣候條件均將影響害蟲的為害損失。由於氣候變遷主要係因大氣中二氧化碳濃度增加所導致，對大部C_3型作物如水稻、小米、豆類，根類作物，茶及大部份木本植物而言，在高二氧化碳濃度下，有利於光合成效率，使作物體內醣之沈積量增加而增產，但蛋白質含量及微量元素含量比例並未相對增加（Imai, 1995）。由於蛋白質為昆蟲發育之重要物質，N/C比值較低之作物，理論上可能引起害蟲取食量增加，而加重對作物的危害（朱及郭，1992）。然而在實際上，作物體內之氮含量可藉管理方法給予提升。

溫度對昆蟲之攝食量之影響，一般而言較為具體。昆蟲在適溫度範圍內，由於其代謝量隨溫度之上升而加大，取食量亦隨之增加。Wieseborn and Morse (1986) 以^{14}C標示的Carboxylinulin測定各種溫度下柑桔薊馬(*Scirtothrips citri*)幼蟲與成蟲的取食率，結果發現29-30℃時幼蟲的取食率(nl/insect/8h)最高，而成蟲在20-36℃的測定溫度範圍內，溫度愈高，取食率隨之增高；同樣現象亦發現於褐飛蝨，Mochida(1972)報告5齡若蟲之取食量約為長翅雄成蟲的

6倍或雌成蟲的2.5倍，在溫度15-30℃測定溫度範圍內，取食量隨溫度之增加而增高(鄭未發表報告)。為害水稻之瘤野螟，幼蟲取食量亦隨溫度之增加而加大(鄭, 1984)，但對為害十字花科之小菜蛾(*Plutella xylostella*)則反之，該種幼蟲之取食量或平均日取食量在10-30℃之試驗範圍內均隨溫度之上升而下降(Chen and Su, 1978)，唯若考慮其族群成長速率，20-30℃之為害量仍大於20℃以下。因此地球溫暖化對一般害蟲而言，在理論上有助於其繁殖速率而加重對作物的危害程度。

在全球氣候變遷下，臺灣冬季氣溫可能提高而近似熱帶地區，理論上可能增加害蟲的為害損失，但實際上並非完全如此。以水稻害蟲為例，感蟲稻種於無藥劑處理情況下，稻穀損失率在日本、菲律賓及印尼分別為50.4, 42-54, 48.3-58% (Mochida *et al.*, 1983)；此外在台灣於1973至1975年於北、中、南部12地點試驗顯示農藥防治區水稻產量與防治區比較，在一期作平均損失約15% (878.2kg/ha)，二期作約為30%(1427.8kg/ha) (鄭, 1979)；在菲律賓各地區100試驗田試驗結果顯示害蟲防治區之稻穀產量較無防治區增加20-25%或1000kg/ha左右 (Pathak and Dkaliwal, 1986)。可見在溫帶、亞熱帶及熱帶地區雖然害蟲種類不完全相同，栽培稻種有異，耕作制度亦不盡相同，但損失量卻無明顯差異。因此在氣候變遷下，臺灣地區害蟲種類可能增多或有演變，但由其導致之損失可能並不會如預期的有很大變化。

害蟲的族群變化除受氣候因素影響外，亦深受作物品種、農作物耕作制度及蟲害管理方式等人為因素所影響。一般而言，在農業較發達地區，由於連續耕作，使用較多肥料以及密植等因素，而導致害蟲發生嚴重，需依賴不斷地使用藥劑防治，如為害水稻之褐飛蝨、黑尾葉蟬、瘤野螟、稻心蠅(*Hydrellia sasakii*)等均因栽植高產而感蟲稻種，施用高氮肥及施藥不當導致害蟲產生再猖獗所引起之後果（Dyck *et al.*, 1977）；為害蔬菜之小菜蛾以及為害果樹之葉蟎均為台灣大量使用農藥後始嚴重發生(羅, 1978；貢, 1984)；而這些害蟲無論在溫帶、亞熱帶及熱帶地區均為重要害蟲，如防治不當均可造成類似的損失。相反地，在農業發展較差的地區，由於資材欠缺，作物管理粗放，對農產品之品質要求較不嚴格，而少有使用化學肥料及農藥，害蟲因遭受豐富的天敵的抑制，發生較不嚴重。如在寮國及緬甸，由於輪作，栽植傳統稻種，不施或僅使用少量化學肥料及農藥，水稻遭受蟲害遠較其臨近國家越南及泰國為低(Garcia and Lwin, 1997; Schiller *et al.*, 1997)，可見人為因素對蟲害之影響可能較氣候變遷之因素為大。是故，氣候變遷是否會增加臺灣地區作物害蟲的危害損失，除不確定之氣候因子之外，尚受此一地區今後作物品種、管理方式等人為因素之演變所左右。

肆、因應措施

氣候變遷現象將漸進而非驟然，而生物對氣候的反應頗為複雜且變數頗多，需要長時間偵察、分析害蟲在各種環境因子，以及各因子間彼此相互作用下之影響，才能掌握其發生動態並策劃防治策略。瞭解害蟲之發生動態及其為害是為管制害蟲最不可或缺的基石，它是決定害蟲防治時期、防治策略之重要依據。由於氣候變動所引起之其他非生物及生物因子的變動，將導致害蟲發生生態之改變，長期偵測主要害蟲之發生生態，是為目前因應氣候變遷可能衝擊害蟲發生及研議害蟲管制之首要工作。

在害蟲防治策略方面，氣候變遷溫度增高的結果將導致臺灣地區害蟲發生世代重疊現象更趨嚴重，目前以藥劑為主之綜合防治措施將更趨困難。為緩和害蟲因發生世代之縮短導致族群之快速升高，更積

極開發抗蟲品種及生物防治之應用，並發展以該兩種防治方法為主體之綜合防治方法可能為最好的管制策略。以水稻為例，栽植感蟲品種台中在來1號、台南5號或台農67號在無藥劑防治下，因褐飛蝨為害，產量僅及保護區之67%左右（鄭，1976, 1984）。類似情況亦發現於印尼及菲律賓(Mochida *et al.*, 1983)。栽植抗蟲品種，害蟲發生密度增加緩慢，可減少施藥次數甚至完全無需使用藥劑，可使田間之害蟲天敵得到保護，發揮其抑制害蟲之功效。然而並非每一種作物對各種主要害蟲均具抗蟲種源，如水稻目前對飛蝨、葉蟬類具高度之抗蟲種源，而對螟蟲類，瘤野螟及稻心蠅等則只發現有中度之抗蟲品種，栽植該類品種並無法抑制害蟲之為害損失於經濟危害基準之下。所幸此一缺憾已逐漸可利用遺傳工程技術將蘇力菌之內毒蛋白基因或蛋白酵素抑制素基因轉殖於水稻或其他作物以對抗鱗翅類幼蟲之為害(Duan *et al.*, 1996; IRRI 1994; Fujimoto *et al.*, 1993; Benedict *et al.*, 1992; 林， 1996; 丁, 1996)。

天敵為自然界調節害蟲猖獗發生之重要因素，然而由於大部分之農作物都屬短期作物，生態環境不穩定，加之施用多量肥料，助長害蟲之繁衍，以及頻頻使用化學藥劑，毒害天敵，而導致天敵對害蟲之調節機制幾乎完全喪失。有鑑於此，近年來先進國家包括台灣在內均積極推動生物防治以減低對農藥之依賴。所謂生物防治，是以人為方式，利用生物的力量，調節或抑制害蟲的發生數量，使害蟲不致造成危害損失。常被利用之生物包括寄生性或捕食性天敵、病原微生物、線蟲及原生蟲等。在台灣近年來投下大量研究經費推展生物防治研究，並已獲得若干成果，如利用釉小蜂（*Tetrastichus brontispae*）及綠僵菌（*Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*）防治可可椰子紅胸葉蟲(*Brontispa longssima*)；赤眼卵蜂（*Trichogramma ostriniae*）防治亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)；法拉斯捕植蟎（*Amblyseius fallacis*）防治桑樹上之神澤氏葉蟎(*Tetranychus kanzawai*)及草莓上之二點葉蟎（*Tetranychus urticae*）；法拉斯捕植蟎及基徵草蛉（*Mallada basalis*）防治草莓上之二點葉蟎及木瓜上之赤葉蟎(*Tetranychus cinnabarinus*)等已獲得完全或部份防治成功的例証 (Liu, 1993；羅與陳, 1995)。然而無可否認，迄至目前，尚無一種作物之害蟲可依賴生物防治獲得完全防治，在從事生物防治的同時仍需藉助其他防治方法，如耕作（含抗蟲品種之利用）及物理等防治方法配合，才能明顯地降低農藥的使用頻度，營造出更有利於天敵發揮防治害蟲的效果。在氣候變遷地球表面逐漸溫暖化後，臺灣生態環境，可能更接近熱帶地區，適於害蟲繁衍，栽植抗蟲品種及保育本土性天敵或利用生物防治由於其對害蟲持續性的作用，可能為抑制害蟲快速繁衍，最經濟、安全而有效的策略。

物理防治法係利用物質阻隔作物使之免遭受害，或以光或色彩誘殺或忌避害蟲，以減少其發生密度；或以致死之溫、濕度消滅害蟲。這是古老的害蟲防治方法之一，但在早期因受資材限制，無法大面積實施。然而隨著科技之進步，材料取得容易，加之消費者對農產品質之要求日增，以及實施農產品生產工廠化，物理防治之實用性亦隨之增高。另一方面隨著地球表面溫暖化，可能導致不正常氣候之劇烈變動，如不正常之高、低溫或降雨頻度及強度之改變 (Schneider, 1993) 而影響農作物之生產與供應，為保持生產之穩定性，對高經濟作物之實施設施栽培，更有其必要性。利用在物理防治害蟲方面,目前已被農友廣泛應用者，如利用套袋以預防瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae*)、果實蠅(*Bactrocera dorsalis*)之危害；網遮或不織布覆蓋以隔離害蟲危害，並可有效地降低作物遭受病毒病之感染危害 (Perring *et al.*, 1989; Natwich and Durazo, 1985)；使用黃、藍色粘板以誘殺蚜蟲、薊馬、潛蠅和粉蝨等害蟲(王及林, 1992)；在

設施栽培方向，如使用資材對昆蟲具忌避效果之銀色反光布覆畦或使用濾除紫外線塑膠布被覆，除可促進作物生長及產量，並可大幅降低蚜蟲、薊馬、潛蠅及粉蝨等媒介昆蟲以及其所傳播之病毒病害(鄭與何, 1997; Antignus *et al.*, 1996; Csizinszky *et al.*, 1995)。類似利用反光布或濾除紫外線塑膠布等被覆資材於作物設施栽培，既可穩定作物生產，並具防蟲，而對生態環境又無衝擊作用之防蟲方法應予重視，並開發利用。

化學防治不論在過去、或目前在害蟲防治上均扮演重要角色，將來亦將如是。由於其防治效果快速，適用範圍廣泛，使用簡便及價格便宜，為一般生產者樂於採用。也許因為價格太便宜，使用太簡便，加之農民無法獲得或根本無心搜集有關害蟲之族群動態以及防治適期之資訊，導致濫用農藥而引發抗藥性，害蟲再猖獗，殘毒及污染環境等諸多副作用。有鑑於此，政府遂投下大量資金大力倡導非農藥防治方法之開發，以求替代農藥之使用。但農藥卻有其無可取代之處，如在疫情盛發時，在最近將來仍無法以其他防治方法在短時內抑制害蟲之危害。在國際交流日益密切環境下，新侵入害蟲往往可在短期內造成嚴重疫情，在其他防治方法未建立前，使用農藥還是惟一可快速絕滅或抑制其蔓延的唯一手段。在平時應用時，農藥之使用必需以害蟲族群動態資料為基礎，於害蟲族群密度超越經濟危害基準時，才適時選用選擇性或短效性藥劑施用，如此即可大量減少農藥使用頻度及減少其對環境之衝擊。因此如何選擇適當的農藥，使用適當的方法於適當時期使用是為另一項亟待努力的目標。

總之，在氣候變遷地球表面溫暖化，害蟲可能更趨複雜的將來，蟲害防治仍以綜合管制方向為努力目標，而且將由目前以農藥為主體的綜合管制策略，逐漸導向利用生物因素及改變環境為主體的綜合管制策略防治害蟲，此一策略之轉變將使作物蟲害防治對生態之衝擊降至最低點，非但有助於氣候變遷下作物蟲害之防治，亦符合21世紀社會進步，消費者對高品質農產品及環境保育之需求。

伍、結　語

有關氣候變遷對農作物及害蟲可能發生衝擊之研究，到目前為止有關資料仍相當有限，且研究項目大部分於控制單因子或少數環境因子環境下所獲結果來推測其可能發生之衝擊，而忽略生物之適應與演化現象以及生物間之相互作用可能導致之結果。因此所預測的現象可能與實際結果有很大的差距。害蟲種類繁多，繁殖能力甚強又具強大遷移能力，其適應性極強，地球表面暖化，對某些種類在台灣之分佈、繁殖可能有弊，但對某些種類則有利，站在昆蟲群聚(community)觀點而言，可能會導致主要害蟲種類之更替，對整體害蟲之為害損失則可能並不會有明顯之改變。

另一方面，從以往蟲害發生的演變，除氣候因素外，農作物栽培管理的演變為導引害蟲嚴重發生與為害的另一項重要因素。氣候變遷可能導致之農作物栽培制度及管理的演變，間接地對害蟲之影響可能比氣候變遷直接對害蟲之影響為大。

在因應氣候變遷地球表面溫暖化，作物蟲害防治措施方面，以建立生物防治為主體之綜合防治體系較為理想，亦符合時代進步之需要。在溫度增高後，將使台灣地區之氣候型態更接近於熱帶地區，害蟲及天敵之歧異度較大，更適於生物防治(Kiritani, 1979)，在此情況下若主要害蟲能以抗蟲品種之栽植來抑制其族群之快速成長，則可大量減少農藥之施用次數，而有利於天敵族群之建立並發揮其抑制各種害蟲之機會。此種結合害蟲生態、生物防治及藥劑防治於一體之防治策略，並非新理論，但欲達到該理論境界，必需以作物種

類為主體，長期建立害蟲動態資料，並結合防治技術與社會經濟於一體，始能達成。此一蟲害防治策略，在台灣目前於少數作物上已具雛型(鄭，1995)，有待更進一步加以改善。

陸、誌　謝

本文承國立台灣大學植物病蟲害系朱耀沂博士及陳秋男博士兩位教授提供意見暨修飾文稿，謹誌謝忱。

柒、參考文獻

丁檪泉. 1996. Trypsin inhibitor基因轉移於花椰菜之研究。國立中興大學農業生物科技研究所碩士論文。

王清玲　林鳳琪. 1992. 黃色黏板在斑潛蠅防治上之應用。p.99-104。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊，中華植物保護學會。

何琦琛. 1997. 葉蟎發生與氣象的關係探討。p.141-152。氣象因子與作物病蟲害發生研討會論文專輯（杜金池、楊純明主編），中華農業氣象學會出版。

朱耀沂　郭美華. 1992. 地球溫暖化對昆蟲的影響（中）。農藥世界111:56-62。

朱耀沂　郭美華. 1992. 地球溫暖化對昆蟲的影響(下)。農藥世界112-61-66。

林美吟. 1996. 甘藷Sporamin基因轉殖菸草內之表現及其抗蟲特性之探討。國立台灣大學植物研究所碩士論文。

林鳳琪　蘇宗宏　王清玲. 1997. 溫度對銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring)發育與繁殖之影響及其在聖誕紅上之發生。中華昆蟲17:66-79。

柳中明　王維強　吳明進. 1994. 台灣地區未來氣候變遷之評估。台灣地區氣候變遷因素及影響研討會。1994年3月18-1日，台北。

貢穀紳. 1984. 台灣主要蔬菜害蟲之經濟重要性變遷及防治展望。p.3-30。蔬菜害蟲研討會專輯(蕭榮福、田春門及林尚甫編)。台灣省政府農林廳。

陳文雄　張煥英. 1989. 甜菜夜蛾之生態與藥劑防治。p.161-178。重要蔬菜害蟲綜合防治研討會專刊，中華昆蟲特刊第4號。

陳文雄　張煥英. 1990. 番茄夜蛾之生態及其防治方法之商榷。台南區農業改良場研究彙報24:21-23。

梁仁有　耿旭　劉復誠　林深林. 1997. 氣候改變對台灣地區蒸發散量影響的模擬研究。氣象學報41(4):246-271。

郭文鑠. 1978. 台灣農業氣候區域研究。中央氣象局編印，台北. 266pp。

郭美華. 1991. 不同定溫及寄主植物對桃蚜發育及繁殖之影響。中華昆蟲11:118-129。

郭美華. 1997. 氣象因子對桃蚜族群變動影響。p.129-140。氣象因子與作物病蟲害發生研討會論文專輯（杜金池、楊純明主編），中華農業氣象學會出版。

張念台. 1997. 氣候條件對薊馬生物學、生態學與防治的影響。p.107-128。氣象因子與作物病蟲害發生研討會論文專輯（杜金池、楊純明主編），中華農業氣象學會出版。

溫宏治　許洞慶　陳秋男. 1994. 溫度對螺旋粉蝨(*Aleurodicus dispersus* Russell)發育、成蟲壽命、活動及產卵之影響。中華昆蟲14:163-172。

陳秋男. 1978. 水稻褐飛蝨*Nilaparvata lugens* (Stal)之生態。p.1-22。水稻病蟲害：生態學與流行學(邱人璋編)，中國農村復興聯合委員會刊印。

鄭清煥　何淑貞. 1997. 濾除紫外線塑膠布被覆對洋香瓜害蟲及瓜果產量影響評估。植保會刊 39:289-304。

鄭清煥. 1995. 人工飼料防腐劑之篩選及二化螟蟲在人工飼料發育之溫度需求。植保會刊37-29-40。

鄭清煥. 1995. 水稻害蟲之綜合防治。p.166-178. 永續農業研究與推廣之進展研討

會專輯(林俊義、洪海珠編)。中華永續農業協會。
鄭清煥. 1994. 番茄班潛蠅在洋香瓜上之生態觀察。中華昆蟲14:65-81。
鄭清煥. 1987. 嘉南地區瘤野螟之生態觀察。植保會刊29:135-146。
鄭清煥. 1976. 新育成抵抗褐飛蝨品種(系)室內抗蟲反應及其田間表現。中華農業研究25:259-268。
環保署. 1994. 台灣地區氣候變遷因素之初步評估及基本科技資料建立先期計畫。行政院環境保護署委託研究報告EPA-83-E3-02-03-20。
羅幹成. 1978. 台灣葉蟎類及防治方法對其天敵之影響。p.203-215。昆蟲生態與防治(蘇仲卿、嚴奉琺、林飛棧編)。中央研究院動物研究所，台北。
羅幹成 陳秋男. 1995. 台灣農作物害蟲生物防治近二十年之進展。植保會刊37:357-380。
Antignus, Y., N. Mor, R.B. Joseph, M. Lapidot and S. Choen. 1996. Ultraviolet-absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects. Environ. Entomol. 25:919-924.
Bae, S.H. and M.D. Pathak. 1970. Life history of *Nilaparvata lugens* (Homoptera : Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63:149-155.
Bachelet D., G.A. King and J. Chaney 1995. Climate change scenarios. p.67-83. *In* : Matthews R.B., M.J. Kropff, D. Bachelet and H.H. Van Laar (eds) Modeling the impact of climate change on rice production in Asia. CAB International, UK.
Benedict, J.H., D.W. Altman, P.F. Umbeck and D. R. Ring. 1992. Behavior. growth, survival and plant injury for *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera : Noctuidae) on transgenic cottons. J. Econ. Entomol. 85:589-593.
Chen, C.N. and W.Y. Su. 1978. Influence of temperåture on the development and feeding amount of diamonback moth larvae on cauliflower. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 20:224-231.
Cheng, C.H. 1984. Studies on integrated control of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4:149-168.
Csizinszhy, A.A., D.J. Schuster and J.B.Kring. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomato. J. Amer. Soc. Sci. 120(s):778-784.
Domingo, I. And K.L. Heong. 1992. Evaluating high temperature tolerance in brown planthopper (BPH). Int. Rice Res. Newslett. 21:45-48.
Duan, X. L., X. G. Li, Q. Z. Xue, M. Abo-El-Saad, D.P. Xu and R. Wu. 1996. Tronsgenic rice plants harboring an introduced potato proteinase inhibitor II gene are insect resistance. Natural Biotech. 14:494-498.
Dyck, V. A., T. Htun, A. C. Dulay and G. D. Salinas. Jr. 1977. Forecasting rice insect density and damage to plants in Asia. Poper presented at Golden Jubilee Celebrations. Pattambi, India. 35pp.
Fujimoto, H., K. Iton, M. Yamamoto. J. Kyozuka and K. shimamoto. 1993. Insect resistant rice generated by introduction of a modified δ -endotoxin gene of *Bacillus thunngiensis.* Bio/Tech. 11:1151-1155.
Garcia, A. G. and P. P. Lwin. 1977. Rice agriculture and general situation of rice insect pests in Myanmar. p.184-205. *In* : Proc. Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. China

Nat. Rice Res. Ins. Hangzhou.

Heong, K.L., Y.H. Song, S.Pimsamarn, R. Zhang and S. D. Bae. 1995. Global warming and rice arthropod communities. p. 326-335. *In* : Peng, S., K.T. Ingram, H.U. Neue, L.H. Ziska(eds) Climate change and rice. IRRI.

Hoffman, A.A. and M.W. Blows. 1993. Evolutionary genetics and climate change : Will animals adapt to global warming? p.165-178. *In* : Kareiva P. M., J. G. Kingsolver and R.B. Huey(eds.) Biotic interactions and global change. Sinauer, Sunderland, M.A.

Huey, R. B., L. Partidge and K. Fowler. 1991. Thermal sensitivity of *Drosophila melanogoster* responds rapidly to laboratory natural selection. Evolution 45:751-756.

IPCC-Intergovernmental panel on climate changes. 1990. Climate change. The IPCC scientific assessment. Houghton J. T., G. J. Jenkins., J. J. Ephraums (eds) University Press, Cambridge. 356pp.

Imai K. 1992. Physiological response of rice to carbon dioxide, temperature and nutrients. p.252-257. *In* : Peng, S., K. T. Ingram, H. U. Neue and L. H. Ziska (eds), Climate chang and rice.

IRRI. 1994. Transgenic indica rice plants containing the soybean kunitz trypsin inhibitor gene. *In* : Program rep. for 1994, IRRI, Los Banos, Philippines.

Kiritani, K. 1979. Pest management in rice. Ann. Rev. Entomol. 24:279-312.

Kiritani, K. and S. Iwao. 1964. The biology and life cycle of *Chilo suppressalis* (Walker) and *Tryporyza* (*Schoenobius*) *incertulas* (Walker) in temperate-climatte areas. pp.45-102. *In* : The major insect pests of the rice plant. IRRI.

Kisimoto, R. 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcipera* Hařvath and *Nilaparvata lugens* Stål. Ecol. Entomol. 1:95-109.

Kisimoto, R. and V.A. Dyck 1976. Climate and rice insects. p.367-392. *In* : Proc. Symp. on Climate and rice, IRRI.

Liu, S.D. 1993. The application of fungicide resistant entomopathogenic green muscardine fungus in Taiwan : The biological control of coconut leaf beetle (*Brontispa longissima*) and diamondback moth (*Plutella xylostella*). p.266-275. *In* : Proc. Symp. on the use of biological control agents under integrated pest management. FFTC, Taipei.

Mochida, O. 1972. ^{14}C intake of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hom : Delphacidae) of different sexes and wing-forms from ^{14}C-labelled rice seedlings. Kontyu 40:69-71.

Mochida, O., E. A. Heinrichs and G. B. Aquino. 1983. Pest management systems on rice in the Pacific basin. Paper presented at XV Pacific Sci. Cong., Dunedin, New Zealand. 11pp.

Natwick, E.T. and A. Durazo Ⅲ . 1985. Polyester cover protect vegetables from whiteflies and virus disease. Calif. Agric. 3(7-8): 21-22.

Pathak, M.D. and G.S. Dhaliwal. 1986. Insect control. p.357-386. *In* : Swaminathan, M. S. and S.K. Sinha (eds) Global aspects of food production. IRRI.

Perring, T.M., R.N. Royalty and C.A. Farrar. 1989. Floating row covers for the exclusion of virus vectors and the effect on disease incidence and yield of cantaloupe. J. Econ. Entomol. 82:1709-1715.

Peters, R.L. 1991. Consequences of global warming for biological diversity. p. 99-

118. *In*: Wyman, R.L. (ed) Global climate change and life on earth. Chapman and Hall. London.

Quintana, A. and A. Prevosti. 1990. Genetics and environmental factors in resistance of *Drosophila subobscura* adults to high temperature schock. Theor. Appl. Genet. 80:847-851.

Rosenberg, N. J. 1989. Potential effects on crop production of carbon dioxide enrichment in the atmosphere and greenhouse-induced climate change. p.359-373. *In* : Climate and food security, IRRI.

Rosenzweig, C. 1990. Crop response to climate change in southern great plains: a simulation study. Prof. Geog. 42(1):20-37.

Schiller, J.M., V. Sengsoulivong and V. Manivong. 1997. Rice and IPM research in the Lao PDR. pp.167-183. *In*: Proc, Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. China Nat. Rice Res. Inst. Hangzhou.

Schnider S. A. 1993. Scenarios of global warming. p.9-23. *In* : Kareiva P. M., J. G. Kingsolver, R.B. Huey (eds) Biotic interactions and global change. Sinauer, Sunderland, MA.

Sogawa, K. and P.T. Nhat 1997. Ecology of brown planthopper and impact of IPM in the Red River delta, Vietnam. p.150-166. *In* : Proc. Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. China Nat. Rice. Res. Inst. Hangzhou.

Sugimoto, T. 1990. Biology of sweetpotato weevil. Pl. Prot. 44:107.114.

Suenaga, H. 1963. Analytical studies on the ecology of two species of planthopper, the white back planthopper (*Sogata furcifera* Horváth and the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål), with special reference to their outbreaks, Bull. Kyu shu Agr. Expt. Sta. 8(1):1-152.

Wiesenborn, W.D. and J.D. Morse. 1986. Feeding rate of *Scirtothrips citri* (Moulton) (Thysanoptera : Thripidae) as influenced by life stage and temperature. Environ. Entomol. 15:763-776.

White E.B., P. DeBach and M.J. Garbe. 1970. Artificial selection for genetic adaptation to temperature extremes in *Aphytis lingnanensis* (Hymenoptera : Aphelinidae). Hilgardia 40:161-192.

Xuyen, T.T. 1997. Ecology and IPM of the brown planthopper on rice crop in red river delta. p.124-149. *In* : Proc. Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia. China Nat. Rice Res. Inst. Hangzhou.

Zhang, X.X. 1991. Migration of rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee in China. p.51-60. *In* : Proc. Migration and dispersal of agricultural insects, Nat. Inst. Agro-Environ. Sci. Japan.

Chapter 5 Impact of Global Climate Change on Crop Insect Pests in Relation to Pest Control Strategies in Taiwan

Ching-Huan Cheng
Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC

ABSTRACT

Insect populations are affected by abiotic and biotic environment factors. Global warming will affect the insect distribution, composition of insect foana and the rate of insect population development directly. While the insect population abundance and its damage will be depended on the changes of cultivation and management patterns of crops responding to the weather conditions and social needs. Global climate changes may convert weather in Taiwan from subtropic into tropic conditions, thus providing more favorable situation for the multiplication of arthropods, and increasing species diversity and complexity in the ecosystem. If the weather condition is going to change as predicted, a warmer and drier winter may make conditions more favorable for insects to cause more severe damage in winter and spring crop, while higher temperature and rainfall in summer will hamper the population development of insect pests. However, the total losses of crop caused by insect pests due to the changes of climate directly may be not so much as compared to those due to the changes of varieties, cultural system and management of crops. Management of insect pests in the situation of diverse species and overlapping generations by using biotic measures, such as host plant resistance, biological and cultural measures are more reliable than by insecticidal applications. When successful control of the key pests is achieved through the use of control tactics other than insecticides, opportunity for the control of various potential insect pests by natural enemies will be increased. This control strategy is not only applicable for meeting the situations of global climate changes but also suitable for social demands in Taiwan.

Key words: Global climate changes, Impact on insect pests, Control strategy.